

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-269309

(43)Date of publication of application : 02.11.1990

(51)Int.Cl.

G02F 1/035

(21)Application number : 01-061534

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 14.03.1989

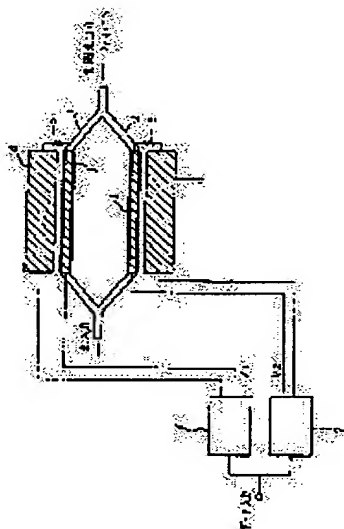
(72)Inventor : NISHIMOTO HIROSHI
NAMIKI TAKEFUMI
YOKOTA IZUMI
OKIYAMA TADASHI
KIYONO MINORU

(54) OPTICAL MODULATING SYSTEM

(57)Abstract:

PURPOSE: To execute a long distance transmission by a fiber whose fiber wavelength dispersion is large even at a transmission rate of \geq several giga-bit/sec by modulating asymmetrically a phase of light and moving the center wavelength of a rise part of an output light of a modulator to a long wavelength side, and moving the center wavelength of a fall part to a short wavelength side.

CONSTITUTION: By modulating asymmetrically phases of each waveguide 1, 2 of a modulator, the center wavelength of an output light is moved to a long wavelength side and a short wavelength side in a rise part and a fall part, respectively. Accordingly, by wavelength chirping generated by this method, the rise part of an optical pulse is delayed and the fall part advances by a fiber dispersion, and a pulse compression is generated. It works in the direction for compensating the waveform divergence by a modulation side band and the wavelength dispersion of a fiber, and executes an action for improving the transmittable fiber length. In such a way, a long distance transmission can be executed by the fiber whose fiber wavelength dispersion is large even at a transmission rate of \geq several giga-bit/sec.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-269309

⑬ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)11月2日

G 02 F 1/035

8106-2H

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全8頁)

⑮ 発明の名称 光変調方式

⑯ 特 願 平1-61534

⑰ 出 願 平1(1989)3月14日

⑱ 発 明 者 西 本 央 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内
⑱ 発 明 者 並 木 武 文 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内
⑱ 発 明 者 横 田 泉 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内
⑱ 発 明 者 沖 山 正 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内
⑲ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
⑳ 代 理 人 弁理士 井 桁 貞一 外2名

最終頁に続く

明細書

1. 発明の名称

光変調方式

2. 特許請求の範囲

マッハツェンダ干渉計型光変調器において、二つの光導波路を伝播する光の位相を非対称に変調することにより、変調器出力光の立ち上がり部分の中心波長を長波長側に動かし、立ち下がり部分の中心波長を短波長側に動かすことを特徴とする光変調方式。

3. 発明の詳細な説明

(概要)

光ファイバを伝送路とする光通信システムにおいて、高速のデジタル信号を長距離伝送する伝送装置に用いる光変調方式に関し、数ギガビット/秒以上の伝送速度においても、ファイバ波長分散の大きいファイバを長距離伝送できる光変調方式を提供することを目的とし、マッハツェンダ干渉計型光変調器において、二つの光導波路を伝播する光の位相を非対称に変調することにより、変

調器出力光の立ち上がり部分の中心波長を長波長側に動かし、立ち下がり部分の中心波長を短波長側に動かすものである。

(産業上の利用分野)

本発明は光ファイバを伝送路とする光通信システムにおいて、高速のデジタル信号を長距離伝送する伝送装置に用いる光変調方式に関する。

高速光通信システムにおいては、光源のスペクトル広がりを出来るだけ小さくして、スペクトル広がりファイバの波長分散によって生じる光パルスの波形劣化を生じさせないようにすることが要求されている。

このため、スペクトル広がりを小さくすることができる外部変調方式が注目されているが、本方式を用いても数ギガビット/秒以上の伝送速度では、変調側波帯によって生じるスペクトル広がりによって伝送距離が制限されてしまい、より伝送特性を延ばす工夫が必要となる。

(従来の技術)

スペクトル広がりが最も小さく、従ってファイ

波長分散の影響を受けにくい光変調方式のひとつにマッハツェンダ干渉計型光変調器を用いた変調方式がある。マッハツェンダ干渉計型光変調器では二つの光導波路を伝播する光の位相を同じ大ききで逆方向に変調して、波長チャージングのない変調ができる。すなわち、スペクトル広がりを変調波形のフーリエ成分である変調側波帯による広がりまで小さくすることができる。

従って、従来のマッハツェンダ干渉計型光変調器を用いた光変調方式においては、変調器の二つの光導波路を伝播する光の位相を同じ大ききで逆方向に変調し、波長チャージングのない変調をおこなっていた(P. KOYAMA et. al., JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 6, NO.1, 1988, PP.87-93)。

ところが、数ギガビット/秒以上の伝送速度においては、波長チャージングを零にしても変調側波帯によるスペクトル広がりとファイバの波長分散による光パルスの変形が無視できなくなる。

(発明が解決しようとする課題)

$$= E_0/2(X^2+Y^2)^{1/2} \cos(\omega_0 t - \tan^{-1}(Y/X)) \quad \text{--- (1)}$$

ただし $X = \cos(\phi_A) + \cos(\phi_B)$

$$Y = \sin(\phi_A) + \sin(\phi_B)$$

(1) 式からわかる様に $E_{out}(t)$ には $\tan^{-1}(Y/X)$ の位相変調がかかっている。これは以下に示す様に波長チャージングとなる。

$\omega_0 t - \tan^{-1}(Y/X)$ を ϕ とおくと、角周波数は $\omega(t) = d\phi/dt = \omega_0 - d(\tan^{-1}(Y/X))/dt$ 。また波長は $\lambda = 2\pi c/\omega(t)$ (c は光速) より、 $\Delta\omega = -d(\tan^{-1}(Y/X))/dt$ が波長チャージングを引き起こす。

ここで位相の変調を以下のようにおこなう。

$$\phi_A > 0, \quad \phi_B < 0, \quad \text{ABS}(\phi_A) > \text{ABS}(\phi_B)$$

$$\text{ABS}(\phi_B - \phi_A) \approx 0 \quad (\text{光出力 High}),$$

$$\text{ABS}(\phi_B - \phi_A) \approx \pi \quad (\text{光出力 Low})$$

ただし $\text{ABS}(\phi)$ は ϕ の絶対値を表す。

この時の各部の動作波形を図2に示す。

1に示す様に出力光強度が立ち上がる部分で出力光の位相が遅れ、立ち下がる部分では位相が進む。

従って、外部変調方式によって、変調によるスペクトル広がりを変調側波帯だけによる広がりによって低減しても、数ギガビット/秒以上の伝送速度では、ファイバ波長分散の大きいファイバにおいて長距離伝送が出来ないという問題を生じていた。

本発明は、数ギガビット/秒以上の伝送速度においても、ファイバ波長分散の大きいファイバを長距離伝送できる光変調方式を提供することを目的とする。

(問題を解決するための手段)

第1図および第2図は本発明の原理説明図である。第1図は、マッハツェンダ干渉計型光変調器の各部の光の電界を表している。図中 E_0 は入力光の電界の振幅、 ω_0 は電界の角周波数、 t は時間、 ϕ_A 、 ϕ_B はそれぞれ光導波路AおよびBにおいて変調された位相を表す。 $E_{out}(t)$ は出力光の電界であり、詳細を(1)式に示す。

$$E_{out}(t) = E_0/2 (\cos(\omega_0 t + \phi_A) + \cos(\omega_0 t + \phi_B))$$

これに対応して中心波長が λ_0 に示す様に立ち上がり部分で長波長側に、立ち下がり部分で短波長側に動く。

従来は $\phi_A = -\phi_B$ という条件で変調をおこなっていた。この場合 $E_{out}(t)$ は(2)式となる。

$$E_{out}(t) = E_0 \cos(\phi) \cos(\omega_0 t) \quad \text{--- (2)}$$

ただし $\phi = \phi_A = -\phi_B$

この場合 ϕ の変調により光電界の振幅が変調されるだけで変調に伴う波長変動は生じない。

(作用)

本発明では、変調器の各導波路の位相を非対称に変調することにより、出力光の中心波長を図2の λ_0 に示す様に、立ち上がり部分で長波長側に、また、立ち下がり部分で短波長側に動く様にした。

一方、ファイバの波長分散は $1.3 \mu\text{s}$ 帯零分散シングルモードファイバを、損失の最も小さい $1.55 \mu\text{s}$ 帯で使用する場合に大きい。このときの分散係数は最大 20ps/nm/km であり、波長が長い程ファイバを伝播する速度が遅くなる。

従って、本発明によって生じさせた波長チャ-

ピングにより、ファイバ分散により光パルスの立ち上がり部分が遅れ、立ち下がり部分が進み、パルス圧縮を生じる。これは、変調側波帯とファイバの波長分散によって生じる波形広がりを補償する方向に働き、伝送可能なファイバ長を改善する作用をする。

(実施例)

マッハツェンダ干渉計型光変調器において、光の位相変調には電気光学効果を用いる。すなわち電気光学効果を持つ物質の屈折率を電界により変化させることにより、光の位相を変化させる。

従って、マッハツェンダ干渉計型光変調器において、二つの光導波路を伝播する光の位相を非対称に変調する方法としていくつかの方法が考えられる。一つは、各導波路をそれぞれ異なる駆動電圧で変調する方法である。二つ目は駆動電圧は同じであるが電極の断面構造を非対称にすることにより、光導波路への変調電界のかかり方を非対称にする方法である。三つ目は各導波路でそれぞれ電極長を変えて光が屈折率変化を感じる導波路長

を変える方法である。

図3に第1の実施例を示す。これは、駆動電圧振幅を非対称にかける例であり、Z板電気光学結晶を想定している。X板およびY板電気光学結晶でも同様に実施できる。図中、1は位相変調を大きくかける方の光導波路であり、2は位相変調を小さくかける方の光導波路である。3は変調用電極であり、4はアース電極である。3と4で進行波型電極を構成している。5は終端抵抗であり、進行波型電極の特性インピーダンスと整合している。6は光導波路1の位相変調を行うための駆動回路、7は光導波路2の位相変調を行うための駆動回路である。

第4図は第1の実施例の動作を示すタイムチャート図である。V1は光導波路1の位相変調を行う駆動波形であり、V2は光導波路2の位相変調を行う駆動波形である。V1とV2で極性を逆にし、駆動電圧振幅はV1の方を大きくすることにより位相変調を非対称にかける。

第5図に第2の実施例を示す。これは、電極長

を非対称にして位相変調を非対称にかけるものであり、Z板電気光学結晶を想定している。第5図～第11図まで図中の1～4の記号の意味は図3の記号の意味と同じである。

第6図に第3の実施例を示す。これは、電極長を非対称にして位相変調を非対称にかけるものであり、X板またはY板電気光学結晶を想定している。

第7図に第4の実施例を示す。図7は、変調器の断面構造を示している。本実施例は、電極の断面構造を非対称にすることにより位相変調を非対称にかけるものであり、Z板電気光学結晶を想定している。本例では、光導波路2から少し位置をずらして電極を配置している。

第8図に第5の実施例を示す。本実施例は電極の断面構造を非対称にすることにより位相変調を非対称にかけるものであり、X板またはY板電気光学結晶を想定している。本例では、光導波路2と電極間の距離を大きくしている。

第9図に第6の実施例を示す。本実施例は電極

の断面構造を非対称にすることにより位相変調を非対称にかけるものであり、X板またはY板電気光学結晶を想定している。一つの変調用電極で光導波路1、2を変調しており、光導波路2と電極間の距離を大きくしている。

第10図に第7の実施例を示す。これは、光導波路1だけを変調するものであり、Z板電気光学結晶を想定している。

第11図に第8の実施例を示す。これは、光導波路1だけを変調するものであり、X板またはY板電気光学結晶を想定している。

(発明の効果)

第12図は波長分散によって生じる最小受光電力の劣化、すなわちパワーペナルティの計算結果である。ファイバ伝送によって生じるパワーペナルティの許容値を0.5dBとした場合、従来の変調方法では許容できる波長分散値が500～700ps/nmであるのに対し、位相変調比を5:1にした場合には1500ps/nm以上と改善される。第13図は異なる位相変調比で同様

の計算をおこなったものであり、変調比が2:1以上であれば良いことがわかる。

以上の計算結果からわかる様に、本発明によれば従来の変調方式に較べて、ファイバ伝送特性が改善され、高速光通信装置の性能向上に寄与するところが大きい。

4. 図面の簡単な説明

第1図および第2図は本発明の原理を示す図。

第3図は本発明の第1の実施例の構成図。

第4図は第1の実施例の動作を示すタイムチャート図。

第5図は本発明の第2の実施例を示す図。

第6図は本発明の第3の実施例を示す図。

第7図は本発明の第4の実施例を示す図。

第8図は本発明の第5の実施例を示す図。

第9図は本発明の第6の実施例を示す図。

第10図は本発明の第7の実施例を示す図。

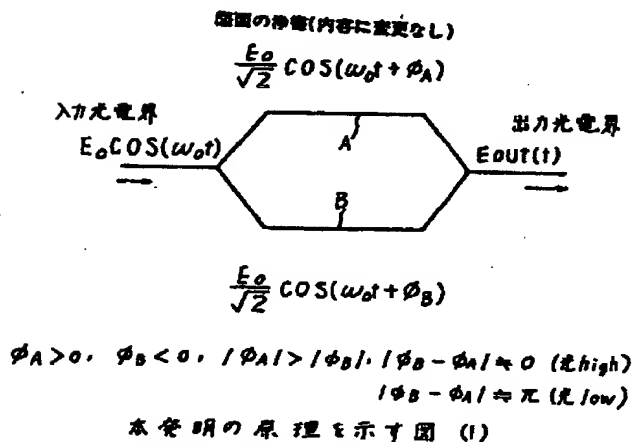
第11図は本発明の第8の実施例を示す図。

第12図および第13図は本発明によるファイバ伝送特性改善の計算結果を示す図である。

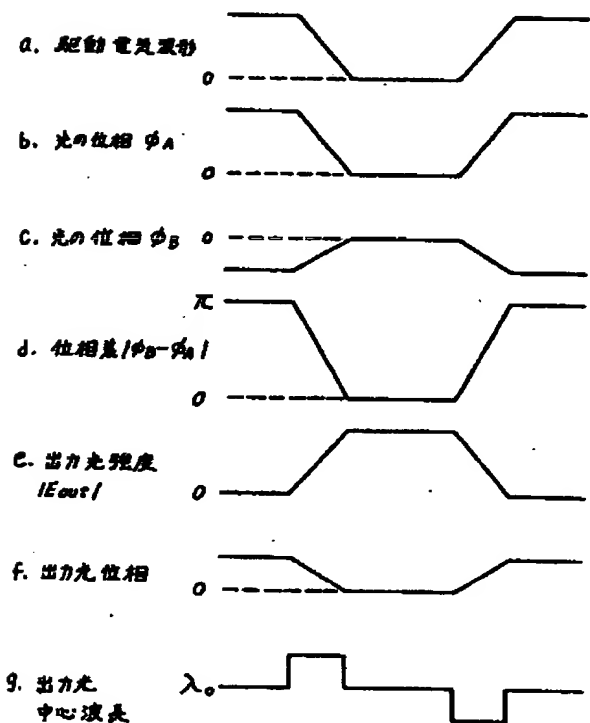
図中、

- 1: 位相変調を大きくかける方の光導波路、
- 2: 位相変調を小さくかける方の光導波路、
- 3: 変調用電極、
- 4: アース電極、
- 5: 終端抵抗、
- 6: 光導波路1の位相変調を行うための駆動回路、
- 7: 光導波路2の位相変調を行うための駆動回路である。

代理人 弁理士 井 祐 貞

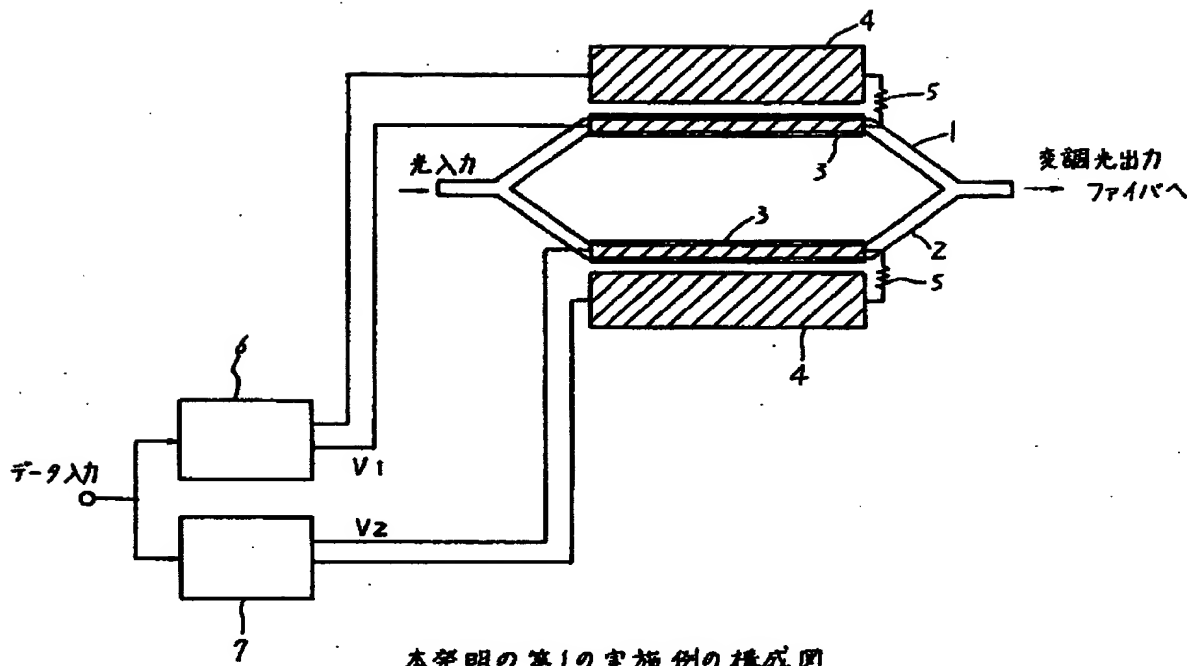


第 1 図



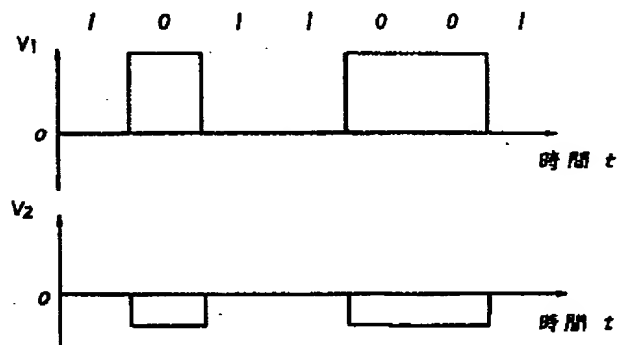
本発明の原理を示す図 (2)

第 2 図



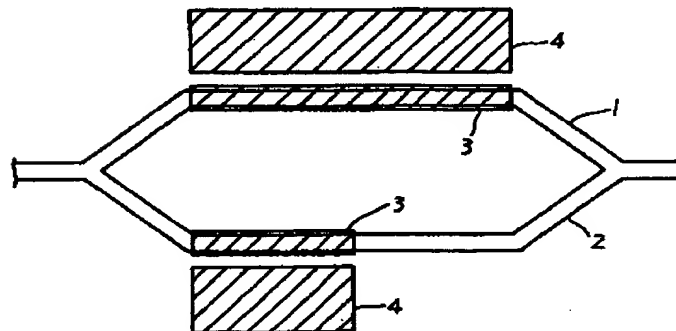
本発明の第1の実施例の構成図

第 3 図



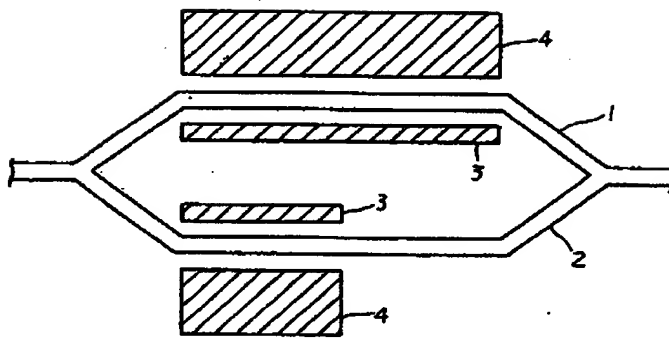
第1の実施例の動作を示すタイムチャート図

第 4 図



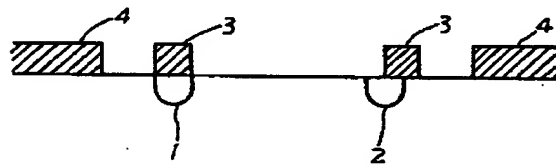
本発明の第2の実施例

第 5 図



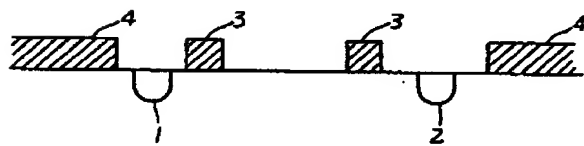
本発明の第3の実施例

第 6 図



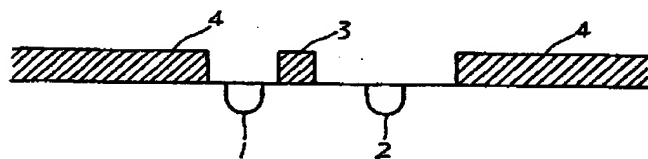
本発明の第4の実施例

第 7 図



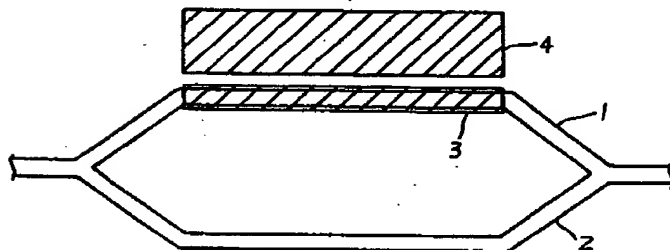
本発明の第5の実施例

第 8 図



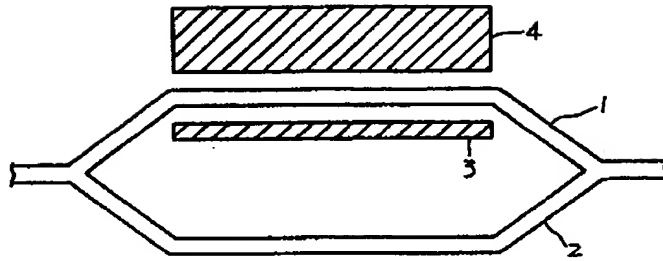
本発明の第6の実施例

第 9 図



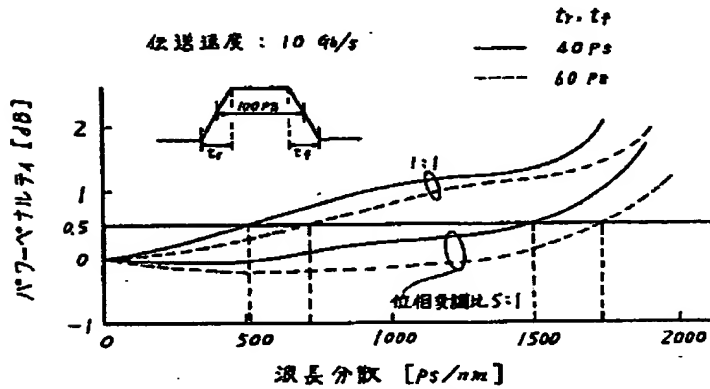
本発明の第7の実施例

第 10 図



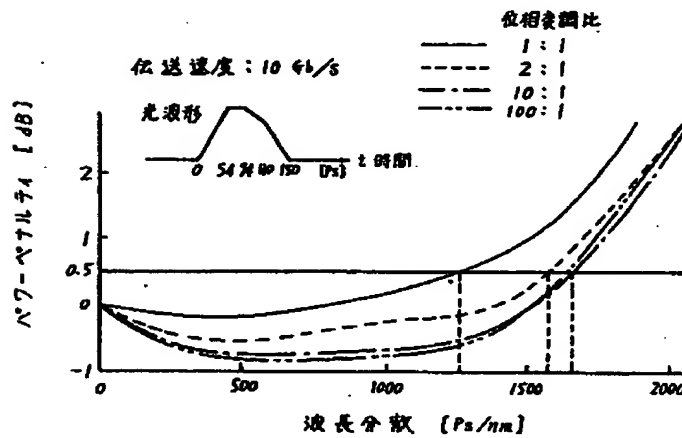
本発明の第8の実施例

第 11 図



本発明によるファイバ伝送特性改善の計算結果 (1)

第 12 図



本発明によるファイバ伝送特性改善の計算結果 (2)

第 13 図

第1頁の続き

②発明者 清 野 實 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

手続補正書(自発)

平成 2 2 13 日

特許庁長官殿

~~特許庁審判長~~
~~特許庁審判官~~



1. 事件の要示

平成13年特許第61734号

2. 発明の名称

光変調方式

3. 補正をする者

事件との関係

特許出願人

住所 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(522) 名称 富士通株式会社

4. 代理人

住所 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(7259) 氏名 弁護士 井 桁 貞

電話 川崎 (044) 754-3035



5. 補正命令の日付

平成 13 年 月 日 (なし)

6. 補正により増加する発明の数

7. 補正の件数 (全図番号)

8. 補正の内容 (1枚あたり1000字以内)

